

高温高压処理バガスペレットの乳用去勢牛を用いた消化試験

関口 博* · 川手秀一* · 奥山 肇*

Digestibility of Bagasse Pellet Treated With Hi-temperature and Hi-pressure by Steers

Hiroshi SEKIGUCHI, Shuichi KAWATE, Hajime OKUYAMA

(要 旨)

被検飼料である高温高压処理バガスペレットは製造工程で改良を加えペレットの構造が消化管内で壊れ易い様にしたものである。先ず浸水試験ではビートパルプペレットに比べてペレットの粒状構造は24時間以上経過しても吸水膨化することなく原形を留めていたが、指で圧すると泥状に容易に崩れた。次に体重約600kgの去勢牛を用いて被検飼料の採食量の限界を調べたところ少なくとも9.0kgは採食することが確認された。体重400kg前後のホ種系去勢牛6頭を用いヘイキューブを基礎飼料とする消化試験を実施した。供試牛は2頭づつ一対とし、一方はヘイキューブのみ、他方はDCP要求量を満たす量のヘイキューブと残りのTDN要求量を満たす(計算値)被検飼料とを給与、予備期2週間、本試験期6日間の一試験期を、給与飼料を交互に反転して、2回繰り返した。被検飼料の成分値は、水分9.3%、粗蛋白質2.2%、粗脂肪0.5%、NFE52.6%、粗セニイ30.8%、粗灰分4.6%であった。又消化率の平均値と標準偏差は、乾物量39±6%、粗蛋白質0%、粗脂肪65±22%、NFE45±6%、粗セニイ45±6%であった。従ってDCP0%、TDN37.3%であり、TDNで標準成分表のバガスより9%程度増加していた。

ま え が き

都市に隣接する酪農地帯では都市から大量に放出される食品残渣を利用することによって蛋白質やエネルギーの供給はマクロ的に充足されていると見られるが、自給飼料生産基盤が狭いため粗セニイ源の供給は充分でなく、流通粗飼料の安定入手に強い関心が寄せられている。ここに取上げた飼料(製品名プロケイン、以下被検飼料)は食品工業副産物を原料に家畜の飼料として開発されたものであって、特に都市近郊の乳牛の飼料として実用化が可能か否かを検討し続けてきた。先の報告では搾乳牛への給与を試みたところ対象牛群に比べて乳脂率が有意に低く、その原因はペレット構造が緻密で硬いため消化

管内で崩壊せずセニイ成分が有効に働かなかったものと推察された。従ってペレットの製造工程でこの粒状構造をもっと疎鬆な壊れ易い構造にすべきことを指摘した。今回はこれを受けた改良品について成分値及び消化率を求め、この飼料の栄養的価値と実用性とを検討したものである。

材 料 と 方 法

1. 浸水試験

8ℓのポリバケツに被検飼料と対象とするビートパルプペレットを3kgづつ計り、これに水道水3.1kgを加えて、ペレット粒の吸水膨化の変化を観察した。

2. 採食量の限界調査

体重約 600 kg のホ種系去勢牛 1 頭を用い、配合飼料 2 kg を一定して与えるほかに、被検飼料を試験第 1 日目は 3 kg、その後残飼が出なければ 0.5 kg ずつ増加し、5 日間残飼が出るまで続けた。

3. 消化試験

供試牛は Table 1 に示す通り体重 400 kg 前後のホルスタイン種系去勢牛 6 頭で、2 頭ずつ 3 対による交互反転試験法を採用した。

供試飼料は Table 2 の通り被検飼料は米国フロリダ州で生産されたバガスを後述の製造原理で処理し、更に改良された方法でペレット化したものである。基本飼料であるヘイキューブは米国産アルファルファを原料とし市販されているものである。

試験期の設定は Table 3 の通り、各対の供試牛は予備期 2 週間、本試験期 6 日間の反転期を 2 回づつ繰り返す、このうち 1 頭には第 1 反転期でヘイキューブのみを、第 2 反転期ではヘイキューブと被検飼料とを給与し、他の 1 頭にはこの逆の飼料を給与した。このような方法を採用することによって供試牛は個体ごとにヘイキューブの消化率とその差引きによって被検飼料の消化率とを求めることができる。全体の試験期を Figure 1 に示した。

Table 1. Steers for this examination.

Steer no.	Birth day	Body weight at start
7	1981.03.16	386 kg
9	03.26	411
11	03.24	373
12	04.05	415
13	04.05	377
14	03.28	412

Table 2. Feeds to be fed.

Feeds	Materials	Place of production
Haycube	Alfalfa	U.S.A.
Feed for examination*	Bagasse	U.S.A.

* This feed is called "PRO-CANE" as a product name.

Table 3. Design of switch back examination.

Steers	1st switch back examination		2nd switch back examination	
	Pre-experimental period 2 weeks	Experimental period 6 days	Pre-experimental period 2 weeks	Experimental period 6 days
A	Haycube only		Haycube and Feed for exam.	
B	Haycube and Feed for exam.		Haycube only	

飼料給与量は日本飼養標準・肉用牛の乳用種去勢牛から DCP, TDN の要求量を求め、ヘイキューブ給与時はこれで TDN 要求量を満たし、被検飼料との混合給与時は要求 DCP をヘイキューブで満たした後に残りの TDN 量を被検飼料で充すようにした。予備期 2 週間は同一給与量、本試験期 6 日間も同一給与量であった。水と鉱塩とは常時自由採取できるようにした。

予備期には飼養試験用ストールに終日繋留し、試験用飼槽を使って盗食を防いだ。本試験期には牛の動きを制

限し糞尿を分離採取できる消化試験用ケージに入れた (Figure 2)。1 日の起点を午後 2 時とし正確に 24 時間単位の飼料給与、残飼測定、糞の採取を行った。残飼はその量と水分とを毎日測定、正確な飼料採食量を把握した。採取糞は肉眼で見える被毛や異物を除去後秤量、攪拌して水分測定用サンプルを取り、全重量の 1/20 をポリペイルに採取、4℃に保存し 6 日間合わせて混合、乾燥、粉碎して分析に供した。体重は各予備期、本試験期の開始時と第 2 反転期の本試験期の終了時に測定した。

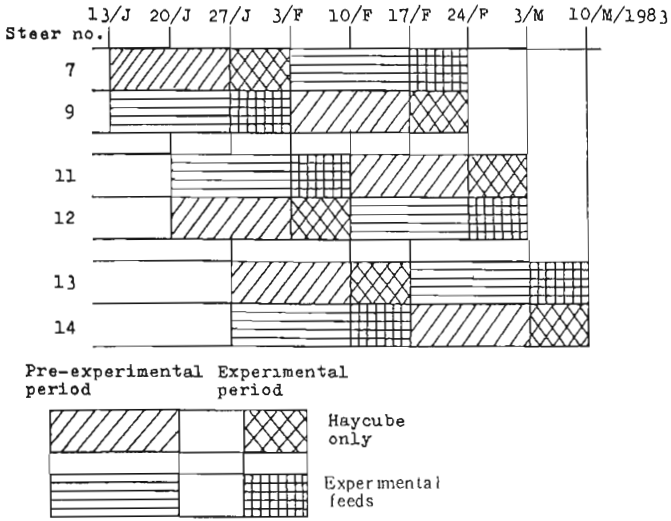


Figure 1. Total design of this examination

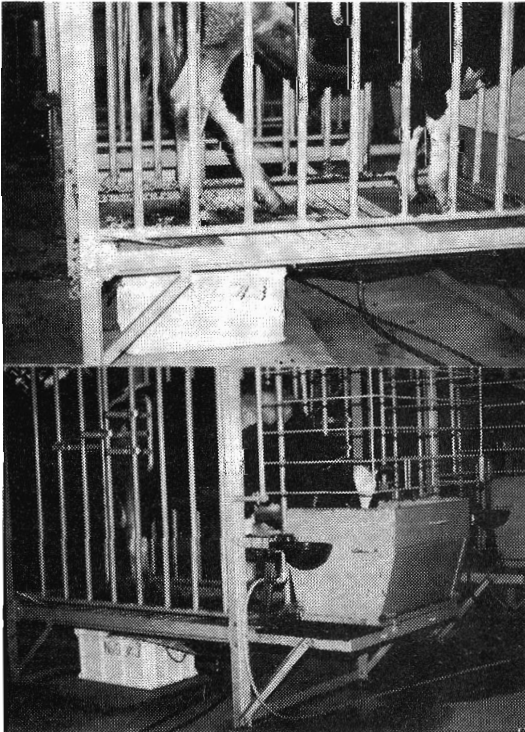


Figure 2. Cage for digestibility test. Using this cage, feces sample was able to be taken without urine.

結果と考察

被検飼料の製造原理とペレット製造方法の改良

被検飼料はサトウキビの搾り粕すなわちバガスを原料に Figure 3 に示す特殊な装置を使って消化性を高めようとしたものである。この装置は本来木材の飼料化を意図して開発されたものであるがバガスの処理に適用し前回及び今回の被検飼料を試作した。

まず切断された原料はホッパーから圧縮装置へ送り込まれる。ここではスクリーコンベアと閉塞装置で強く圧縮され一定の段階で閉塞を除去することによって材料は急激に分解槽へ解放される。その結果材料は物理的に分離さればらばらの状態になる。分解槽は高温高压に耐える材質で作られ円筒状の容器を成しており、内部に材料を送るためのスクリーコンベアが装置されている。これにはボイラーから蒸気が送り込まれ、高温高压状態を保ちながら材料は一方の端から他方の端へ徐々に移動する。この間材料中のリグノセルロースからセルロースやヘミセルロースを分離するとともにこれらが更に栄養価の低いものに変質させないために、槽内の蒸気圧、温度

及び反応時間を至適範囲内に制御しなければならない。分解槽の他端に集められた材料は排出装置から第1次製品として排出される。ここで得られた製品は原料が木材にしてもバガスにしても水分 50～60% で、繊維状、綿状又はシュロの外皮状の外観を呈している。現地ではこれをそのまま反芻家畜に給与しているが当方で供試したものはこれを更にペレット化したもので、このペレットの製造工程で前回報告の指摘に対する改良が加えられた。

ペレットの製造原理は一般に、強圧に耐える肉厚の外筒に適当な大きさの孔を開け、この中に材料を入れ、これをシリンダー状の内筒が強く圧することによって材料は外筒の孔から円柱状のペレットになって押し出されるというものである。今回の製品はペレットの構造を粗く壊れ易くするために、Figure 4 に示す通り外筒のペレット排出孔の口径を内側狭く外側広くひとつの孔の口径を内外2段に作り変えた。その結果排出孔の内側で強い圧力を受けた材料は外側でやや解放され、太く粗い構造のペレットが得られた。このように改良された製品を使って今回の試験を行った。

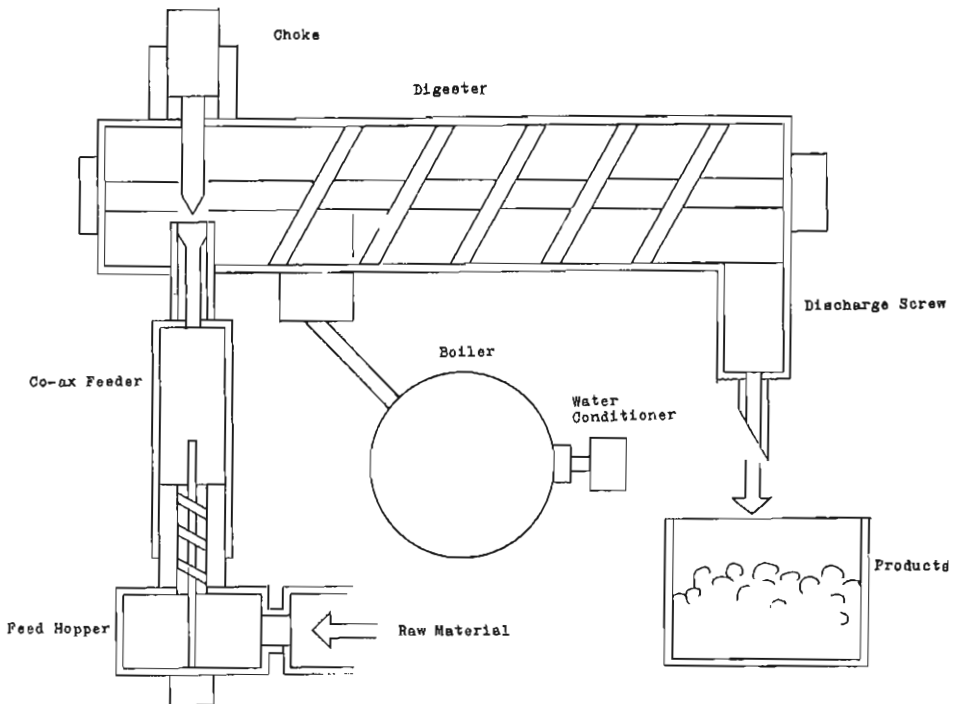


Figure 3. An outline of manufacturing process on feed for examination.

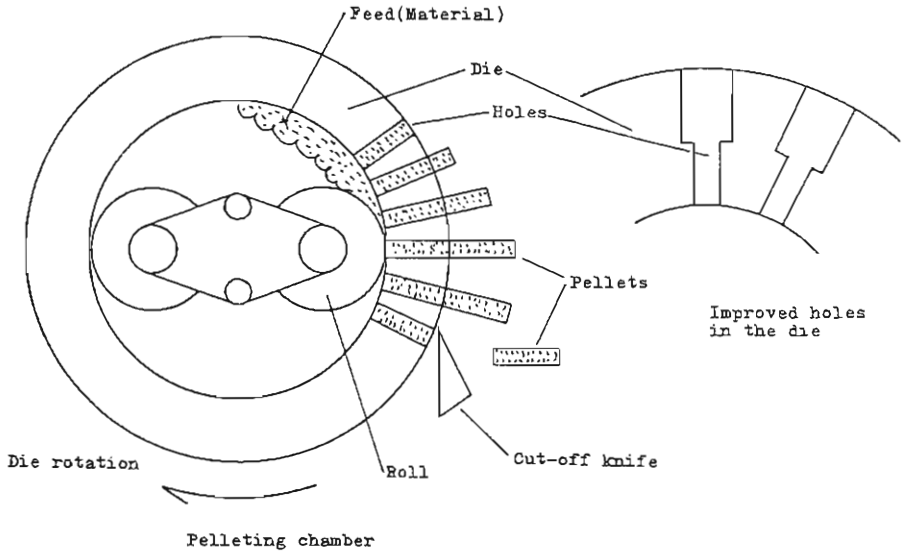


Figure 4. Improvement of manufacturing process of pelleting.

○浸水試験

対象のビートパルプペレットは水を添加した直後から吸水膨化し始め4時間後にはほとんど粒状が認められなくなり、24時間後には容積が3倍程度に脹れ上っていた。一方被検飼料は24時間経過してもペレットの形状はほとんど変わらず水は幾分減って吸水しているが容積は増加してなかった (Figure 5)。しかしこれを指で圧すると容易に碎け泥状を呈した。前回の製品では24時間経過してもペレットの表面が浅く崩れるだけで大部分が硬く残っていた。また給与中の牛の糞便中にもペレットの粒状構造が触知されたが今回はそのようなことはなく、排泄糞は泥状の均質なものであった。

○採食量の限界調査

Figure 6 に示す通り試験第16日目で被検飼料を9.5 kg 給与したところで連続5日残飼し、少なくとも9.0 kg は採食することを知った。この22日間に体重は616 kg から635 kg に増加し、被検飼料がこのような去勢牛の飼料として有効なことをうかがわせた。前回の同様の試験では25日目で採食限界に達しその最大採食量が10.5 kg であったことと比較すると、今回の飼料の方が少ない量で養分を満たしていることになり、原料には大差ないこ

とから消化率が向上したものと推察された。

○消化試験

消化試験に供試した被検飼料とヘイキューブの6成分の分析値はTable 4の通りであって標準成分表と大差なかった。各供試牛の本試験6日間の合計飼料採食量はTable 5の通りで、両飼料とも個体間に差があった。Table 6に排糞乾物量を示した。また個別別糞の分析値をTable 7に示した。これらのデータから先ずヘイキューブの消化率を算出し (Table 8)、ヘイキューブ由来の成分量を差引きしてTable 9に示す被検飼料の糞分別消化率を求めた。

次に全試験期間中の個体別体重の推移をFigure 7に示した。全期間を通じてどの牛も緩やかな増加傾向にありこの期間中下痢、発熱、食滞等処置を要する疾病を経験してないことと合わせて、供試牛は全体に十全な健康状態を維持していたものと判断された。しかしながら被検飼料の給与の有無にかかわらず、予備期に増体しているのに対しどの牛も本試験期間中に体重を減少させていた。運動を制限された試験用ケージ内の6日間は供試牛にとってかなりのストレスであり、ケージ内の馴致がなかったためその影響をまともに受けたものと考えられる。

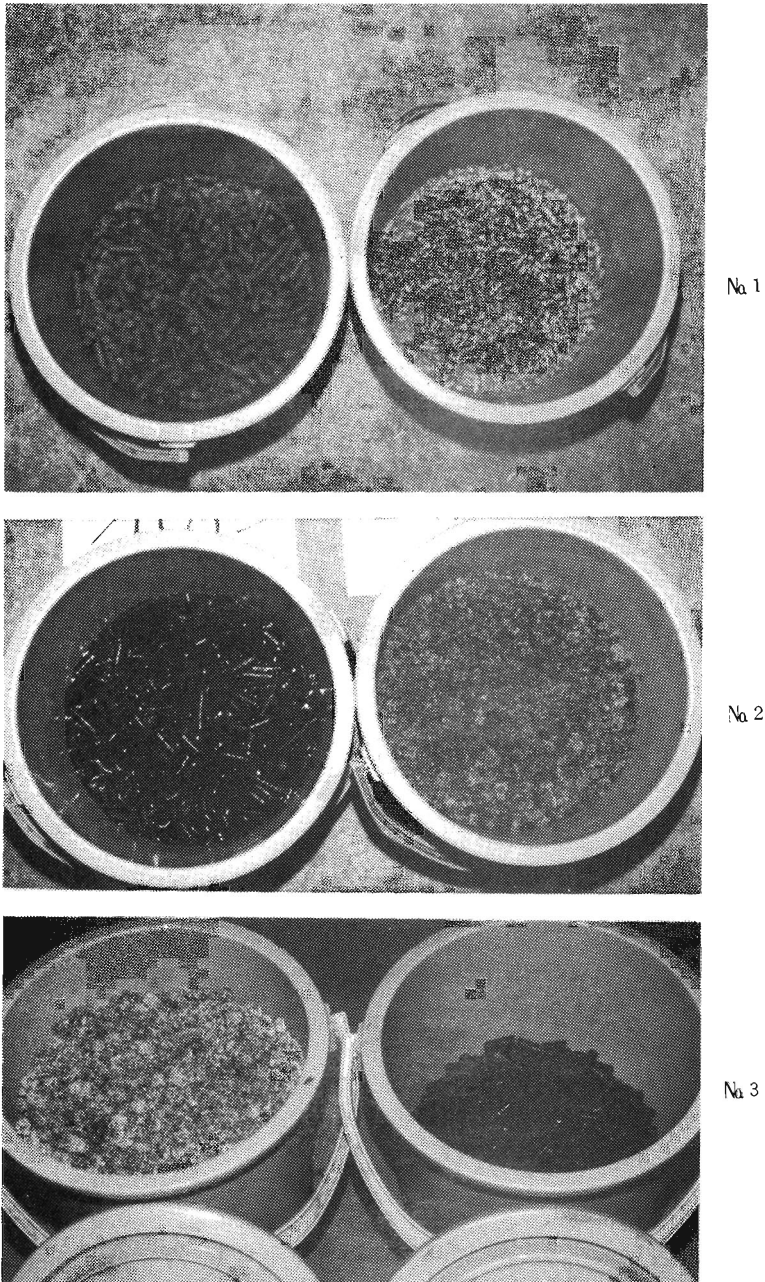


Figure 5. Soaking test of feed for examination into water comparing with beat pulp pellet. No.1 is before soaking into water, No.2 is a photo that feeds were soaked into water for 3 hours, and No.3 is a photo for 24 hours.

Amount of
feed for
examination
intake

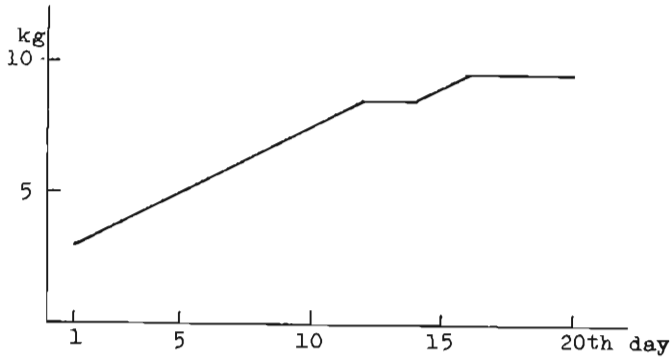


Figure 6. Limit of feed for examination intake for a steer. This steer changed body weight from 616kg to 635kg for 22 days.

Table 4. Chemical composition on feeds.

Feeds	As fed basis					Crude Ash
	Moisture	Crude Protein	Crude Fat	NFE	Crude Fiber	
Haycube	12.7%	14.5%	1.8%	36.9%	23.3%	10.8%
Feed for examination	9.3	2.2	.5	51.6	30.8	5.6

Table 5. Intake of feeds (6 days total—As fed basis).

Steer no.	Haycube only	Experimental feeds	
		Haycube	Feed for examination
7	65.1 kg	31.8 kg	28.0 kg
9	67.8	33.0	37.1
11	68.2	31.8	33.9
12	71.9	32.4	36.8
13	69.6	32.4	41.1
14	74.8	30.0	15.8

Table 6. Amount of feces (6 days total—Dry matter basis).

Steer no.	Feeding haycube only	Feeding Exp. feeds
7	23.891 kg	27.083 kg
9	26.795	32.440
11	27.398	35.460
12	31.059	33.012
13	26.110	33.965
14	29.474	20.290

Table 7. Chemical composition of feces which each steer excreted.

Steer no.	Kind of feeds	Dry matter basis				
		C. Prot.	C. Fat	NFE	C. Fib.	C. Ash
7	Haycube	11.7%	2.5%	32.4%	40.8%	12.5%
	Exp. feeds	10.0	1.4	45.2	33.9	9.7
9	Haycube	12.9	2.9	35.2	37.7	11.3
	Exp. feeds	9.4	1.1	44.0	36.2	9.3
11	Haycube	12.9	2.8	33.4	39.3	12.0
	Exp. feeds	9.6	1.1	42.6	35.2	11.5
12	Haycube	12.6	2.3	36.2	37.7	11.2
	Exp. feeds	10.7	1.3	43.1	35.6	9.3
13	Haycube	12.3	2.9	33.3	39.5	12.0
	Exp. feeds	9.4	1.3	46.2	34.2	8.9
14	Haycube	12.6	2.6	33.6	39.4	11.9
	Exp. feeds	11.1	1.7	45.1	31.5	10.6

ヘイキューブの消化率は個体間の変動が少なく精度の高い結果と見なされた。これに対し被検飼料の消化率の変動巾が大きいのは、ヘイキューブの消化率を用いて間接的に得られたためふれが大きくなったものと見られる。粗脂肪はその中でも個体別の変動が大きい成分組成の含量が少ないことが一因であろう。被検飼料給与時の粗蛋白質の出納はむしろ負になっていた。計算上要求量を満たすDCP量はヘイキューブから給与していたが、結果としてDM中の粗蛋白質は8~11%とやや低く、そのため代謝性窒素を含む排泄窒素量が多かったものと見られた。従ってDCPは0%であった。

被検飼料のTDN平均値は37.3%と低く、後述の通り通常の飼養環境下でこの値を適用するのは必ずしも適切でない。しかし標準成分表のバガスのTDNは28.5%で、検査材料は同一でないがこれと比較すると約9%、バガスを100とすると131%、引き上げたことになる。ESDALE⁴⁾らは今回と同一の高温高圧処理した材料について、in vitroによるDM消化率はもとのバガスより171%上昇したと報告している。DM消化率は標準成分表に示されてなく比較できないが消化率上昇の程度がTDNと比例するとすれば今回の試験結果はこれより低かった。ESDALE⁴⁾らは①高温高圧処理したままのペレット化しない材料を使っていた、②in vitroの消化率であった、の点でわれわれの試験方法と大きく異っていた。

さてこの試験に用いたヘイキューブの品質は成分組成からも外觀上からも中級品と見られたが標準成分表の類

似品と比較してどの成分も2~11%の範囲で消化率が低かった。その原因を推察するに、前述の通り本試験期においては、糞尿を正確に分離採取する等実験上の制約のもとに、試験用ケージ内の飼養は体重を減少させるほどのストレスとなっていたと見られる。ここで得られた値はこのような環境下で得られたものである。この試験でのヘイキューブのTDNは平均42.9%で、標準成分表(普通品)の49.4%の約87%であった。被検飼料の消化率も当然同様の影響下にあるから同一の換算率を用いて被検飼料のTDNを求めると約43%であり、この値は試験結果の標準偏差を加えた上限値にほぼ一致する。この試験で得られたTDNの平均値37.3%は通常の飼養環境から見れば下限に近く、供試牛が緩やかに増体する通常の飼養状況では標準偏差を加えた上限値を用いるのが適切である。予備期の飼料採食量は正確に測定されていないが給与量と大差ないとすると被検飼料の全期間の1日1頭当り給与量は6.8kg、全期間の平均DGは0.542kg、最終日の平均体重を417kgとすると飼養標準⁵⁾に基づくTDN要求量は5136g、ヘイキューブと被検飼料のTDN給与比は44:56であるからこのうち2776gを被検飼料で補ったことになる。この値から被検飼料のTDN%を逆算すると40.8%となり先の推測値とほぼ一致している。すなわち緩やかに増体する通常の飼養環境下では被検飼料のTDNは上限値である42.5%を用いるのが妥当であると推論された。

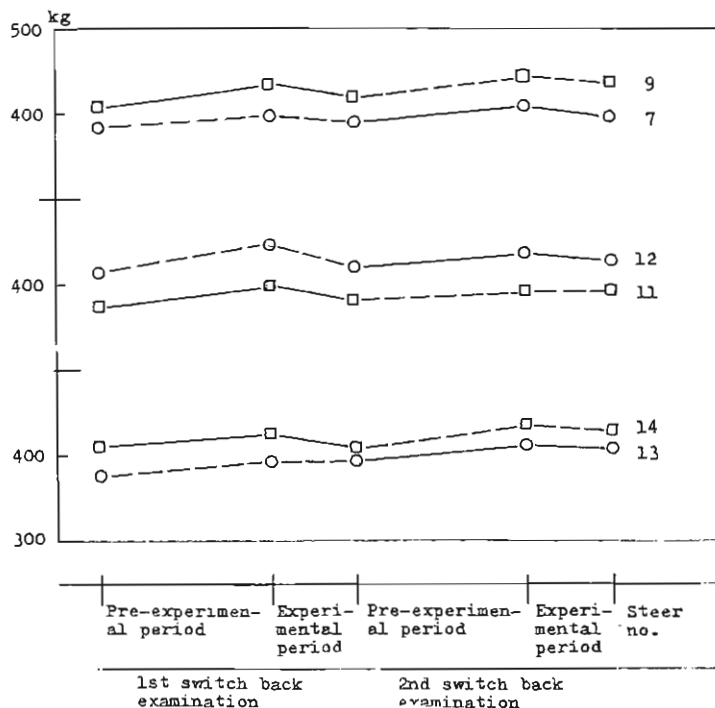


Figure 7. Change of body weight in all experimental periods.

Feeding haycube only

Feeding experimental feeds

今回の被検飼料は浸水試験でベレット粒が泥状に崩れ、糞便中にも粒状構造が保持されない点など前回製品に比べて明らかに改良されていた。また採食量の限界を見ても供試牛は前回より少ない量で体重が増加している点や前回での搾乳牛への給与試験の結果とも合わせて、反芻獣の飼料として充分利用できるものと判断された。さて普及実用性となると、先ず成分値、消化率から見てこの飼料は蛋白質はほとんど有効でなく、エネルギーと粗セシイの供給源として有効であると見られた。このことは粕類の豊富な都市近郊酪農に好適な成分構成ではあるが、現在この地域で広く流通しているビートパルプやいなわらと比較すると、前者とはTDNの含有量で明らかに劣り、後者とは粗セシイ含量ではほぼ等しくTDNでやや上廻ると見られた。経済的に評価すればいなわらと同等の価格であれば充分流通し普及すると見られた。ただし乳牛に対する粗セシイ源としては同じDM中の粗セシイ率であってもビートパルプよりいなわらの方が乳脂率低下の防止に有効であるとの見方もあってビートパルプに形状の近い被検飼料は、乳牛に適用するより運搬、取扱い、保存、あるいは他の飼料との混合等の勝れた利便性を強

調して、肥育牛への適用がより一層現実的かと思われた。

本試験に際し材料の提供と必要な資料を提示されたDr. W. J. ESDALEと、これら連絡調整を遅延なく進められたレモングラスフード株式会社の社員各位に深く感謝します。

Table 8. Digestibility of haycube.

Steer no.	Dry Matter	Crude Protein	Crude Fat	Crude NFE	Crude Fiber
7	58%	70%	49%	68%	36%
9	55	65	36	62	36
11	54	64	37	64	33
12	51	63	44	58	30
13	57	68	40	66	36
14	55	66	43	64	33
Mean	55	66	42	64	34
S D	2	3	5	3	2

Table 9. Digestibility of feed for examination.

Steer no.	DM	Crude Prot.	Crude Fat	NFE	Crude Fiber	DCP	TDN
7	39%	—	48%	41%	49%	—	36.8%
9	42	—	100	50	40	—	39.2
11	26	—	85	38	28	—	29.2
12	43	—	42	52	43	—	40.5
13	42	—	55	45	47	—	38.3
14	41	—	59	37	65	—	39.8
Mean	39	—	65	44	45	—	37.3
S D	6	—	23	6	12	—	5.2

引用文献

- 1) 関口博, 大久保忠宣, 合田之久, 遠畑亮:(1981), 搾乳牛に対するプロテイン給与試験。東京畜試研報, No 18. P1~15。
- 2) 関口博, 合田之久, 遠畑亮, 川手秀一, 大久保忠宣:(1982), 搾乳牛に対する高温高压処理バガスペレットの給与試験。日本畜産学会関東支部会報, No 32, P 24。
- 3) 農林水産省農林水産技術会議事務局編: 日本飼養標準飼料成分表(1980年版)。中央畜産会, 東京, 1980。
- 4) ESDALE, W. J., J. D. TAYLOR and G. E. ROWE:(1983), Increased Utilization of Crop and Forest Residues through Steem Processing. The Vth World Conference on Animal Production. Abstracts. P251.
- 5) 農林省農林水産技術会議事務局編: 日本飼養標準, 肉用牛(1975年版)。中央畜産会, 東京, 1975。
- 6) 関口博, 遠畑亮, 中野房次:(1977), 都市酪農の乳成分に関する研究, 粗繊維含量及び粗飼料の種類が乳脂率低下に及ぼす影響。東京畜試研報, No 16, P1~16。